

FÍSICA EN TIEMPO REAL Y SIMULACIÓN (PHET): UNA EXPERIENCIA EXITOSA DE APRENDIZAJE ACTIVO EN CIRCUITOS ELÉCTRICOS EN LA ESCUELA SECUNDARIA

Autor/es: MONTENEGRO, Maria Rosa¹, PANDIELLA, Susana²⁻³, BENEGAS, Julio⁴

Institución de procedencia: ¹Ministerio de Educación de la Provincia de San Juan.²Instituto de Investigaciones en Educación en las Ciencias Experimentales (IIECE)-³Departamento de Física y de Química - Facultad de Filosofía, Humanidades y Artes – Universidad Nacional de San Juan. Avenida Ignacio de la Roza 230 (O). San Juan. 5400. República Argentina.⁴Dpto. Física-IMASL- Universidad Nacional de San Luis- Ej. de los Andes 950-5700- San Luis.

Dirección electrónica: mmonte90@yahoo.com.ar; spandiella@yahoo.com ; ibenegas@unsl.edu.ar

Eje temático: Desafíos y alternativas en la enseñanza y el aprendizaje

Campo metodológico: Experiencia educativa.

Palabras clave: educación secundaria, aprendizaje activo, circuitos eléctricos de corriente continua, Física en tiempo real (RFT), simulaciones (PHET).

Resumen

En este trabajo se informa sobre el uso de estrategias para el aprendizaje activo de circuitos eléctricos simples en una escuela secundaria pública ubicada en una zona alejada de los centros urbanos de una provincia argentina. La experiencia se realizó en dos cursos de la misma escuela con estudiantes de 16,5 años promedio en el momento del trabajo en aula. Se asignó, aleatoriamente, como curso control a una división de la escuela, donde se continuó con la enseñanza de tipo tradicional y en el otro se implementó la propuesta de Física en Tiempo Real (RTP) con simulación (PHET). Como instrumento de medición se utilizó un test de respuestas múltiples (DIRECT), que contiene una taxonomía, por demás completa, de concepciones alternativas y dificultades de aprendizaje sobre circuitos eléctricos. Se logró una importante mejora en el aprendizaje conceptual en el curso experimental respecto al logrado en el curso control que mantuvo una enseñanza tradicional. Estos resultados indican que los estudiantes de secundaria que pertenecen a los sistemas educativos

con escaso, o incluso sin equipo de laboratorio, también pueden beneficiarse del enfoque pedagógico de RTP, siempre que tengan una computadora por cada grupo pequeño de estudiantes, condición que puede ser satisfecha en todas las escuelas de nuestro sistema educativo.

1. Introducción

En el año 2010 el gobierno argentino crea el Programa Conectar Igualdad con el fin de proporcionar una computadora a cada estudiante y docente de educación secundaria de escuela pública, de educación especial y de Institutos de Formación Docente para dar respuesta a uno de los fines y objetivos de la política educativa enunciados en la Ley de Educación Nacional de Argentina N° 26.206. En ella se establece la necesidad del desarrollo de competencias para el manejo de los nuevos lenguajes producidos por las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC).

La tecnología informática por sí misma no genera aprendizaje de forma espontánea, sino que depende de los fines educativos, de los métodos didácticos y de las actividades que realizan los alumnos con las computadoras en el aula (Area Moreira, 2010).

A nivel internacional innumerables trabajos de investigación en educación dan cuenta de los factores, procesos y uso escolar de las TIC (Area Moreira, 2010). Así también otras investigaciones rescatan la importancia de enriquecer las prácticas pedagógicas con TIC (Coll et al., 2008a y 2008b; Karsenti y Lira, 2011).

Por otro lado, investigadores educativos han demostrado que la enseñanza tradicional tiene escasa efectividad en lograr mejoras en el aprendizaje conceptual de la Física. Estas deficiencias han promovido la necesidad de un cambio en el tipo de enseñanza y como resultado de la investigación educativa se han propuesto diversas metodologías de enseñanza para mejorar la calidad de los aprendizajes de los alumnos. Basado en un modelo constructivistas de aprendizaje surgen estrategias de enseñanza para un “aprendizaje activo” donde el alumno debe estar cognitivamente activo haciéndose cargo en todo momento de su aprendizaje.

En línea con estas ideas, se decidió implementar en una escuela secundaria ubicada en una zona alejada de los centros urbanos de la provincia de San Juan-Argentina una secuencia de enseñanza enriquecida con TIC para un aprendizaje activo de circuitos eléctricos de corriente continua. El objetivo de esta intervención didáctica pretendió dar respuesta a la pregunta ¿existe diferencia en el aprendizaje conceptual de los estudiantes en circuitos eléctricos de corriente continua cuando se utilizan métodos tradicionales de enseñanza y metodología para un aprendizaje activo de la Física con incorporación de TIC (Física en Tiempo Real+simulación PhET) ?

2. Referentes teóricos-conceptuales

En los últimos años se han realizado investigaciones sobre las dificultades en el aprendizaje de la física en alumnos de distintos niveles educativos. Uno de los temas más estudiados en EEUU, Reino Unido, Nueva Zelanda, Australia (Pardhan y Bano, 2001) es circuitos eléctricos de corriente continua. Los motivos que se argumentan son fundamentalmente dos, por un lado la disponibilidad de obtener el material para la prueba experimental y por otro lado, el interés que genera en el alumno por su relación con la vida cotidiana y aplicaciones tecnológicas. No solo se han identificado las dificultades en el aprendizaje sino también se han planteado estrategias de intervención áulicas para tratar de erradicarlas con resultados diferentes (Sirur Flores y Benegas, 2008).

Basado en un modelo constructivistas de aprendizaje surgen propuestas para un “aprendizaje activo” donde el alumno debe estar cognitivamente activo haciéndose cargo en todo momento de su aprendizaje. El docente que dirige una estrategia para el aprendizaje activo debe fundamentalmente quitar énfasis a la transmisión de la información para esforzarse en explorar las habilidades, aptitudes y valores de los estudiantes. El rol del docente es de guía y facilitador del proceso de aprendizaje, siendo imprescindible la participación activa del alumno a través de la realización de actividades que lo desafíen a confrontar sus creencias con los resultados experimentales. Para ello se deben plantear situaciones de aprendizaje que le otorguen al estudiante herramientas para reconstruir progresivamente su sistema cognitivo.

Una estrategia de enseñanza para el aprendizaje activo diseñada para los laboratorios de física básica es Física en Tiempo Real (Real Time Physics -RTP) (Sokoloff et al., 2004). En esta propuesta los estudiantes trabajan colaborativamente en grupos pequeños (3-4 estudiantes). Cada grupo necesita una computadora, una interfaz, software especial y un juego completo de sondas de medición y detectores. La mayoría de las escuelas secundarias del sistema educativo argentino no poseen esas condiciones. Por esa razón en esta propuesta se decidió experimentar con simulaciones (PhET, 2011) en lugar de los equipos de laboratorio real. La Figura 1 muestra una captura de pantalla de la simulación utilizada. En este enfoque, cada pequeño grupo siguió las actividades propuestas en las hojas de trabajo RTP, pero en lugar de equipos de laboratorio real las actividades son realizadas por la simulación apropiada. El simulador se constituye en un laboratorio virtual que incluye instrumentos de medida (amperímetros y voltímetros) que permiten mostrar de forma interactiva e instantánea los cambios que se producen en las magnitudes del circuito cuando se modifica alguna variable.

La estrategia se basa en el aprendizaje cooperativo, el cual ha demostrado ser muy eficaz como herramienta de formación. Así también exige que los estudiantes efectúen predicciones, observaciones, discusiones y síntesis (PODS) (Sokoloff et al., 2004) a fin de que actúen y reporten sus propios enfoques y resoluciones a las situaciones que se les presentan.

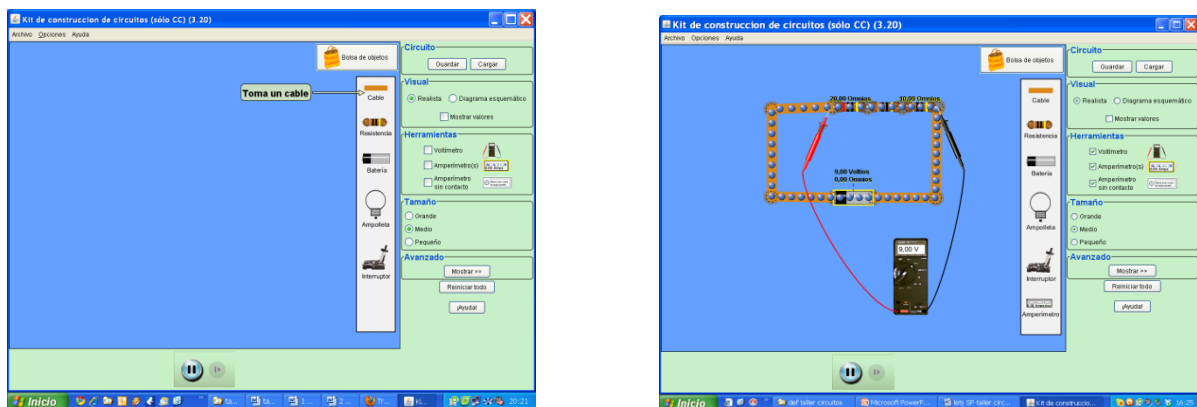


Figura 1: Captura de pantallas de la simulación utilizada <http://phet.colorado.edu/en/simulations>

3. Aspectos metodológicos

En este estudio cuasiexperimental por comparación de grupos con pretest y posttest los estudiantes que participaron de la experiencia cursaban el 4to año de la misma escuela secundaria y compartían el mismo plan de estudio, condiciones de enseñanza (laboratorios, tiempo de enseñanza, exámenes, etc.). Habían aprobado un curso de mecánica el año anterior y la edad promedio cuando se realizó la implementación en el aula era de 16,5 años. Uno de los grupos fue identificado como Grupo Experimental (G_{exp}) y el otro como Grupo Control (G_c). El total de estudiantes que tomó parte de esta experiencia fue de 71, perteneciendo 37 al grupo control y 34 al grupo experimental. Los temas que se abordaron en la intervención áulica son los correspondientes a circuitos simples de corriente continua. Al G_{exp} se le impartió clases basadas en la metodología RTP+PhET. En el segundo grupo se desarrollaron los temas siguiendo una metodología tradicional basada fundamentalmente en las exposiciones del profesor. El tiempo de trabajo en el aula fue el mismo para los dos grupos.

En esta investigación y a los fines de comparar la efectividad de cada una de las metodologías utilizadas se diseñó una prueba de lápiz y papel que los alumnos resolvieron individualmente. Contiene 23 ítems de opción múltiple pertenecientes al test DIRECT (Determining and Interpreting Resistive Electric Circuits Concepts Test) desarrollado en la Universidad de Carolina del Norte (Engelhardt and Beichner, 2004). Cada ítem tiene una respuesta correcta y entre tres - cuatro respuestas incorrectas que coinciden con las concepciones alternativas más comunes que reporta la literatura sobre este tema. De esa manera se determina el estado inicial de conocimiento de los alumnos sobre el tema circuitos eléctricos de corriente continua. Posterior a la implementación de la estrategia se tomó la prueba como pos-test, en ambas divisiones, para determinar el nivel de aprendizaje conceptual sobre el tema que lograron los grupos intervinientes en la investigación.

4. Resultados alcanzados y/o esperados

La aplicación de la prueba de lápiz y papel constituida por 23 ítems y elaborada a partir del DIRECT fue aplicada antes y después de la intervención didáctica en los dos grupos. Los resultados obtenidos se muestran en las gráficas

donde se comparan los porcentajes de respuestas correctas preinstrucción y postinstrucción en el grupo control (Figura 2) y el grupo experimental (Figura 3).

Trabajos de investigación en educación en física reportan que estrategias para un aprendizaje activo obtienen rendimientos estudiantiles marcadamente superiores a los logrados con estrategias tradicionales. Hake (1998) en estudios sobre el aprendizaje de mecánica logrado por 6500 estudiantes define la ganancia intrínseca como la fracción de la máxima ganancia posible o índice g ($g = (\text{post test} - \text{pre test}) / (100 - \text{pre test})$). Este autor considera que los valores de ganancia intrínseca se encuentran entre $0.3 \leq g \leq 0.7$ relacionando valores bajos de ganancia con enseñanzas tradicionales y los valores altos a metodologías para un aprendizaje activo. Los resultados señalan que la ganancia intrínseca del curso experimental fue $g = 0,52$ mientras que el curso control logra una $g = 0,22$.

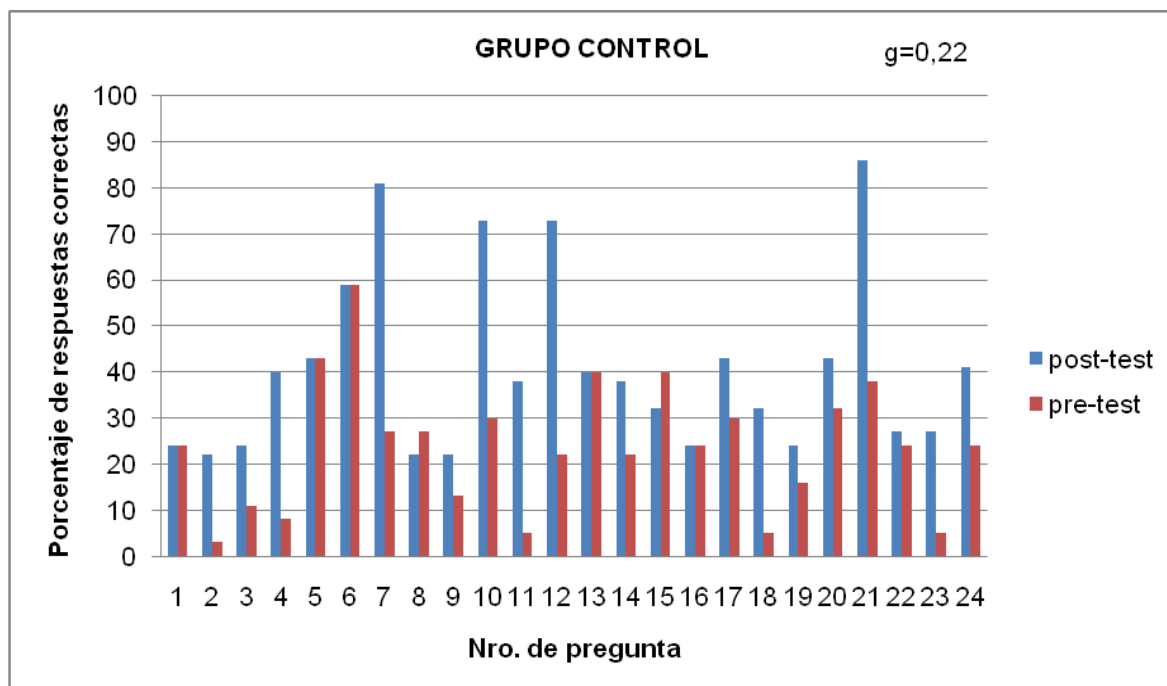


Figura 2: Rendimiento promedio (%) pre -instrucción (barra roja) y post-instrucción (barras azules) en las 23 preguntas de la prueba (seleccionadas del DIRECT) para el grupo control. La últimas barras a la derecha muestran el rendimiento promedio del grupo.

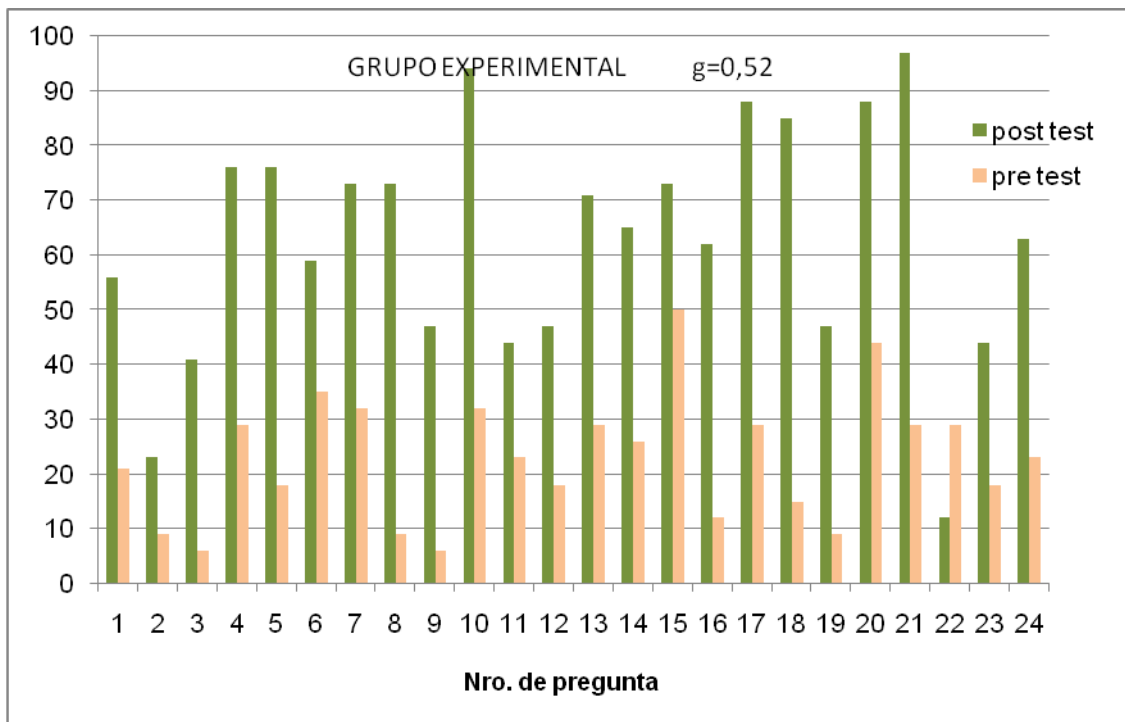


Figura 3: Rendimiento promedio (%) pre -instrucción (barra roja) y post-instrucción (barras azules) en las 23 preguntas de la prueba (selecionadas del DIRECT) para el grupo experimental. Las últimas barras a la derecha muestran el rendimiento promedio del grupo.

Las Figuras 4 y 5 muestran el rendimiento medio (%) en los 23 ítems seleccionados del test DIRECT de los 37 alumnos del curso control y en los 34 alumnos del curso experimental respectivamente.

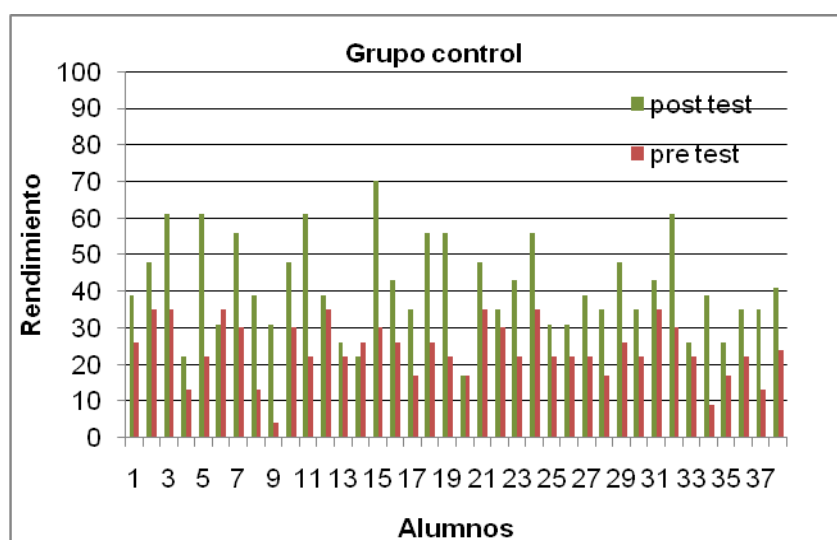


Figura 4: Rendimiento medio (%) en los 23 ítems seleccionados del test DIRECT de los 37 alumnos del curso control. Pretest (barras rojas) y posttest (barras celestes).

Las dos últimas barras de la derecha muestran el rendimiento medio pre y post-instrucción de toda la clase.

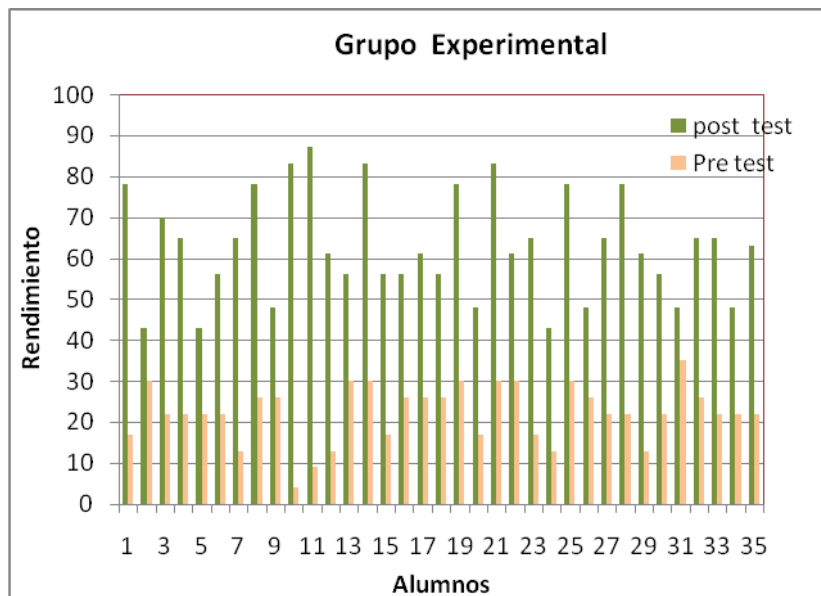


Figura 5: Rendimiento medio (%) en los 23 ítems seleccionados del test DIRECT de los 34 alumnos del curso experimental). Pretest (barras rojas) y postest (barras celestes). Las dos últimas barras muestran el rendimiento medio pre y post-instrucción de toda la clase.

Los 23 ítems de la prueba se pueden agrupar en nueve objetivos (A, B...I, J) donde abordan: A-B-C-D-E aspectos físicos de circuitos eléctricos de corriente continua, F-G: Corriente; H-I: Voltaje; J: Corriente y Tensión. En la Figura 6 se comparten las ganancias normalizadas por objetivos en el grupo control y el experimental.

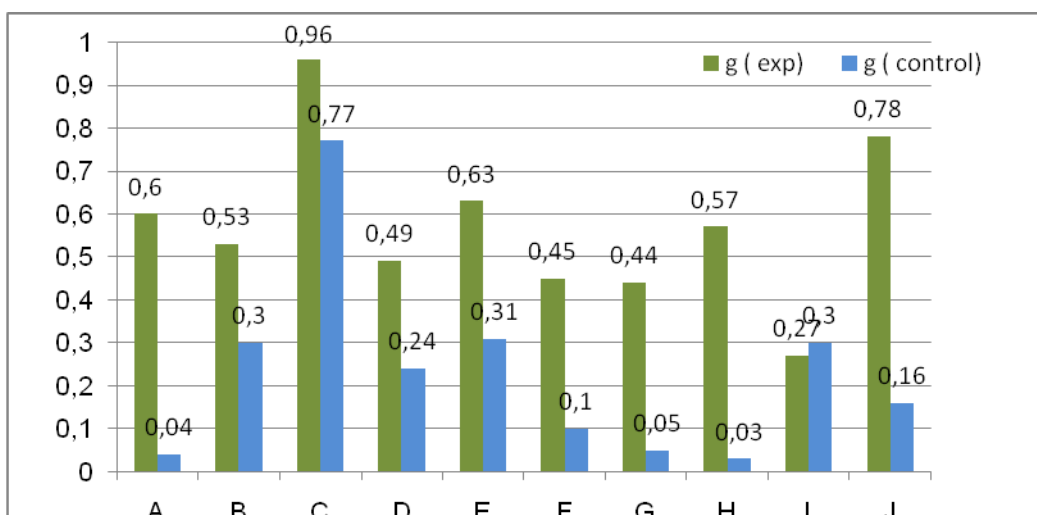


Figura 6: Ganancia normalizada por objetivos en el grupo experimental y grupo control

En la Tabla 1 se presentan los resultados según la ganancia intrínseca o de Hake distribuida según las ganancias de los alumnos en el curso control y en el experimental.

Ganancia	g	Nro de Alumnos		Porcentual	
		Control	Experimental	Control	Experimental
baja	$\leq 0,30$	27	5	73	14
media	$0,30 < g \leq 0,70$	10	22	27	65
alta	$g \geq 0,70$	0	7	0	21
total		37	34	100	100

Tabla 1: *Distribución de alumnos según ganancia intrínseca o de Hake*

Del análisis de los datos obtenidos se concluye que hay una clara diferencia entre el rendimiento de los alumnos del curso control al que se le impartió la instrucción tradicional del curso experimental en el cual se aplicó la propuesta RTP+ PHET. Estos resultados están en línea con los obtenidos por Abbot et al. (2000) cuando afirman de que el uso de experimentos simples, pero en actividades didácticas basadas en resultados de la investigación en enseñanza de la física, como es el caso de RTF, se logra una notable mejora en el aprendizaje conceptual de circuitos eléctricos de corriente continua.

En este trabajo comparamos los logros en el aprendizaje conceptual de dos grupos de estudiantes en el tema circuitos eléctricos. Podemos afirmar que antes de la aplicación de la metodología para un aprendizaje activo RTP+PhET simulaciones-ambos cursos tenían un bajo conocimiento sobre el tema. Así también se observa que el 76% de los estudiantes en el curso experimental consigue un rendimiento superior al de 50% de aciertos en la prueba DIRECT. Otro aspecto para destacar es que el beneficio se distribuye a todos los estudiantes en el curso experimental y el resultado promedio es superior a 60% de aciertos, un resultado notable y alentador para nuestro sistema educativo (Figuras 4 y 5). Los resultados muestran una clara diferencia entre el curso experimental y control. Por ello, en el tema de los circuitos eléctricos, es posible distinguir claramente la eficacia de la estrategia de RTF+ PhET simulaciones en comparación con la enseñanza tradicional. Es necesario destacar, aunque no fue objeto de la investigación la excelente participación de la mayoría de

los estudiantes cuando se implementó en el curso experimental las clases con la propuesta RTP + simulaciones PhET. Estos resultados indican que los estudiantes de secundaria pertenecientes a los sistemas educativos con equipos de laboratorio escaso, o incluso sin ellos, todavía pueden beneficiarse del enfoque pedagógico de RTP, con la condición de que puedan tener una computadora por grupos pequeños, situación que actualmente puede ser satisfecha en muchas escuelas de nuestro sistema educativo.

5. Bibliografía

Abbott, D., Saul, J., Parker, G. y Beichner, J.R. (2000). Can one lab make a difference? *American Journal of Physics*, 68(7), pp. S60-S61

Area Moreira, M. (2010). El proceso de integración y uso pedagógico de las TIC en los centros educativos. Un estudio de casos. *Revista de Educación*. Consultado el 20/08/2015 En http://www.revistaeducacion.educacion.es/re352/re352_04.pdf

Coll, C.; Mauri, T. y Onrubia, J. (2008a). La incorporación de las TIC a la educación: del diseño tecno-pedagógico a las prácticas de uso. En C. Coll y C. Monereo (eds). *Psicología de la educación virtual. Enseñar y aprender con las tecnologías de la información y la comunicación*, Madrid: Morata, pp. 74-103.

Coll, C., Mauri, T. y Onrubia, J. (2008b). Análisis de los usos reales de las tic en contextos educativos formales: una aproximación sociocultural. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 10 (1). Consultado el 10/08/2015, en: <http://redie.uabc.mx/vol10no1/contenido-coll2.htm>

Engelhardt, P. y Beichner, R. (2004). Students understanding of direct current resistive electrical circuits, *American Journal of Physics*, 72, pp. 98-115.

Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, enero.

Karsenti, T. y Lira, M. L. (2011) ¿Están listos los futuros profesores para integrar las TIC en el contexto escolar. El caso de los profesores en Quebec, Canadá. *Revista Electrónica de Investigación Educativa* Vol. 13, No. 1, 67. Consultado el 20/08/2015 En <http://www.redie.uabc.mx/index.php/redie/article/download/271/434>

Pardhan, H. y Bano, Y. (2001). Science teachers' alternate conceptions about direct-currents, *Int. J. Sci Educ.* 23(3), pp. 301-318. PhET (Physics Education Technology) (2011). <https://phet.colorado.edu/es/simulation/circuit-construction-kit-dc>

Sirur Flores, J. y Benegas, J. (2008). Aprendizaje de circuitos eléctricos en el nivel polimodal: resultados de distintas aproximaciones didácticas. *Enseñanza de las Ciencias*, 26(2), 245–256.

Sokoloff, D. R., Thornton, R. K. and Laws P. (2004). Real Time Physics. Module 3: Electric Circuits. Hoboken, New Jersey, USA: Wiley.